



СМВКиС содержит семь блоков внутреннего языка для построения графов моделей и графические изображения блоков. Для каждого блока языка СМВКиС определен необходимый и достаточный набор настраиваемых рабочих параметров, позволяющих осуществлять моделирование исследуемых систем в широком спектре их функциональных возможностей.

СМВКиС дает возможность проводить сравнительный анализ различных вариантов организации обработки информации в вычислительных системах и сетях и принимать рациональные решения по выбору наилучшего из них.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров С.В., Ашихмин Н.В., Луговец А.В. и др. Локальные вычислительные сети. Кн. 3. Организация функционирования, эффективность, оптимизация. М.: Финансы и статистика. 1995.
2. Щрайбер Т.Дж. Моделирование на GPSS. М.: Машиностроение. 1980.

Статья представлена к публикации членом редколлегии Ю.А. Григорьевым.

УДК 681.513

© 2001 г. **Е.Л. Еремин**, д-р техн. наук,
Д.Г. Шевко

(Амурский государственный университет, Благовещенск)

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В рамках вычислительного эксперимента показано, что две гибридные системы, отличающиеся структурой аналоговых цифро-аналоговых блоков, но имеющие идентичные уравнения связи вход-выход, с точки зрения технической реализации могут считаться эквивалентными.

Введение

Популярность гибридных систем управления (ГСУ) объясняется как уровнем развития современной вычислительной техники, в частности – микропроцессоров, так и преимуществами работы с цифровыми сигнала-

ми. ЭВМ по сравнению с аналоговыми устройствами позволяют реализовать более сложные и совершенные алгоритмы управления. Одним из существенных преимуществ цифровых контроллеров является их большая гибкость по сравнению с аналоговыми регуляторами. Программа цифрового регулятора может быть изменена в соответствии с требованиями проектировщиков или приспособлена к характеристикам объекта без каких-либо изменений в аппаратном обеспечении. Цифровые компоненты часто надежнее, прочнее, компактнее, чувствительнее, имеют меньшую массу, стоимость, чем аналоговые компоненты того же назначения. Эти и ряд других преимуществ гибридных систем определяют их выбор при создании систем управления [1]. Однако проблема синтеза высокоэффективных ГСУ по-прежнему остается достаточно актуальной.

Постановка задачи

Известно [2], что для одного класса непрерывных систем управления, функционирующих в условиях априорной неопределенности, задача построения быстродействующих алгоритмов может быть решена за счет применения метода нелинейного преобразования координат, разработанного Р.У. Брокеттом [3]. Аналогичный результат можно получить и для ГСУ. Например, если опираться на результаты синтеза аналоговых алгоритмов, то с помощью метода непрерывных моделей [4] можно построить соответствующие дискретные алгоритмы. Однако недостатком такого способа синтеза ГСУ является относительно малый шаг дискретизации алгоритмов управления и адаптации.

В свою очередь, рассматривая синтез дискретных адаптивных регуляторов как самостоятельную задачу [5], приходится констатировать тот факт, что непосредственный перенос нелинейных преобразований Р.У. Брокетта на решение задачи синтеза высокоэффективных дискретных алгоритмов для ГСУ встречает ряд ограничений. Основные трудности при решении такой задачи возникают уже на этапе получения эквивалентного математического описания системы управления, у которой осуществлено степенное преобразование дискретных фазовых координат линейной части системы.

Действительно, если для линейной части непрерывной системы после степенного преобразования ее переменных пространства состояния этот же фрагмент системы (нелинейно преобразованный) можно вновь сделать линейным – например, за счет расширения и формирования нового пространства состояний [3], то для дискретной системы аналогичные действия не дают желаемого результата [6].

Тем ни менее при синтезе ГСУ можно воспользоваться иной последовательностью разработки алгоритмов адаптивного управления, а именно осуществляя:

- во-первых, нелинейное преобразование пространства состояния непрерывной линейной части;
- во-вторых, дискретизацию элементов расширенного вектора пространства состояния;
- в-третьих, синтез дискретных алгоритмов адаптивного регулятора с помощью критерия гиперустойчивости.

Однако при этом следует отметить, что синтезированные таким образом ГСУ обычно имеют сложную техническую реализацию, поскольку при построении сложных вычислительных алгоритмов функциональные возможности аналоговой вычислительной техники весьма ограничены. Для удобства последующего изложения будем подобные ГСУ называть *технически сложными* (ГСУ_{ТС}). Кроме того, ГСУ с простой технической реализацией будем называть *технически простыми* (ГСУ_{ТП}).

Определение. Две замкнутые ГСУ, состоящие из объекта управления (ОУ) и аналогового цифро-аналогового блока (АЦАБ), будем считать *технически эквивалентными системами*, если в каждой из них уравнения связи типа вход-выход как для ОУ, так и для АЦАБ имеют идентичный вид.

Будем полагать, что на вход АЦАБ ГСУ_{ТС} поступают переменные состояния $x(t)$ непрерывного объекта управления (ОУ), а на его выходе формируется управляющее воздействие u_k .

Формулируется следующая *постановка задачи*: требуется для ГСУ_{ТС} построить ГСУ_{ТП}, а именно – обеспечить упрощение структуры АЦАБ ГСУ_{ТС} таким образом, чтобы она и структура полученной АЦАБ ГСУ_{ТП}, описывались бы одним и тем же уравнением.

Проверка технической эквивалентности ГСУ_{ТС} и ГСУ_{ТП}, имеющих различные по структуре аналого-цифровые блоки, опирается на результаты вычислительного эксперимента.

Математические модели

Рассматривается ГСУ_{ТС}, синтезированная в рамках критерия гиперустойчивости [5], непрерывная часть которой описывается следующими уравнениями:

$$\frac{dx(t)}{dt} = Ax(t) + bu(t), \quad x(t) \in R^n, \quad u(t) \in R^1, \quad (1)$$

$$\frac{d\bar{x}(t)}{dt} = A_M \bar{x}(t) + b_M r(t), \quad \bar{x}(t) \in R^n, \quad r(t) \in R^1, \quad (2)$$

$$e(t) = \bar{x}(t) - x(t), \quad z(t) = g^T e(t) e^T(t) e(t), \quad g^T = (g_1, g_2, \dots, g_n), \quad (3)$$

а дискретная соотношениями вида:

$$u_k = \chi_k r_k + c_k^T x_k, \quad (4)$$

$$\chi_k = \chi_{k-1} + h_1 z_k r_k, \quad h_1 = \text{const} > 0, \quad (5)$$

$$c_k = c_{k-1} + H_2 z_k x_k, \quad H_2 = \text{diag}\{h_{2i}\}, \quad h_{2i} = \text{const} > 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad (6)$$

где $z_k = z(t_k)$; $x_k = x(t_k)$; $t_k = kT$; $T > 0$ – шаг дискретизации; $k = 0, 1, 2, \dots$.
Континуализация управляющего воздействия осуществляется с использованием экстраполятора нулевого порядка:

$$u(t) = u_k \quad \text{при} \quad t_k \leq t < t_{k+1}. \quad (7)$$

Simulink-модель [7], АЦАБ ГСУ_{ТС} системы управления (1) – (7) представлена на рис. 1.

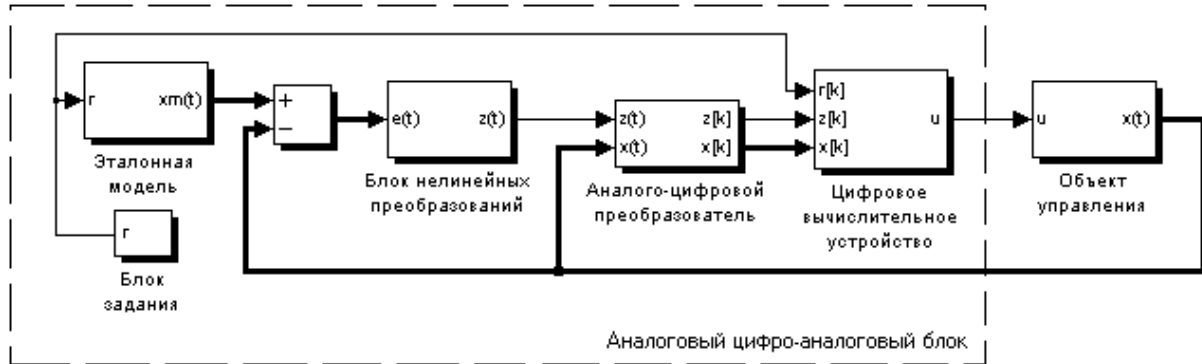


Рис. 1. Simulink-диаграмма модели системы управления (1) – (7)

Блок-диаграмма цифрового вычислительного устройства АЦАБ ГСУ_{ТС}, описываемая уравнениями (2) – (6), изображена на рис. 2.

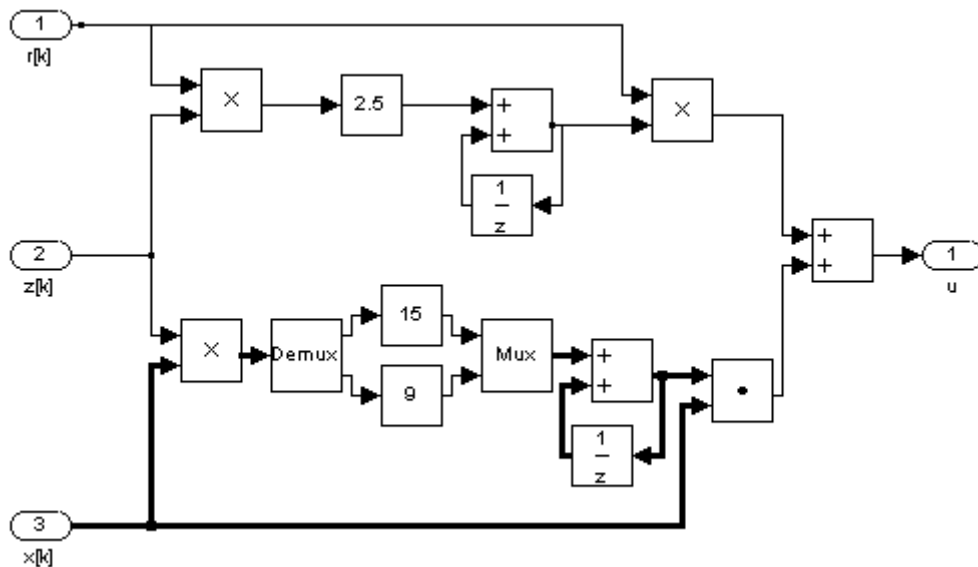


Рис. 2. Блок-диаграмма цифрового вычислительного устройства системы управления (1) – (7)

Очевидно, что ГСУ_{ТС} (1) – (7) имеет эквивалентную техническую реализацию в виде ГСУ_{ТП}, основанную на следующей математической модели (Simulink-модели АЦАБ ГСУ_{ТП} показаны на рис. 3 и 4):

$$\frac{dx(t)}{dt} = Ax(t) + bu(t), \quad x(t) \in R^n, \quad u(t) \in R^1, \quad (8)$$

$$\bar{x}_{k+1} = P_M \bar{x}_k + d_M r_k, \quad \bar{x}_k \in R^n, \quad r_k \in R^l, \quad (9)$$

$$e_k = \bar{x}_k - x_k, \quad z_k = g^T e_k e_k^T e_k, \quad g \in R^n, \quad (10)$$

$$u_k = \chi_k r_k + c_k^T x_k, \quad (11)$$

$$\chi_k = \chi_{k-1} + h_1 z_k r_k, \quad h_1 = \text{const} > 0, \quad (12)$$

$$c_k = c_{k-1} + H_2 z_k x_k, \quad H_2 = \text{diag}\{h_{2i}\}, \quad h_{2i} = \text{const} > 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad (13)$$

$$u(t) = u_k \quad \text{при} \quad t_k \leq t < t_{k+1}, \quad (14)$$

где $P_M = \exp(A_M T)$; $d_M = A_M^{-1}(P_M - E_n)b_M$; E_n – единичная матрица соответствующего размера.

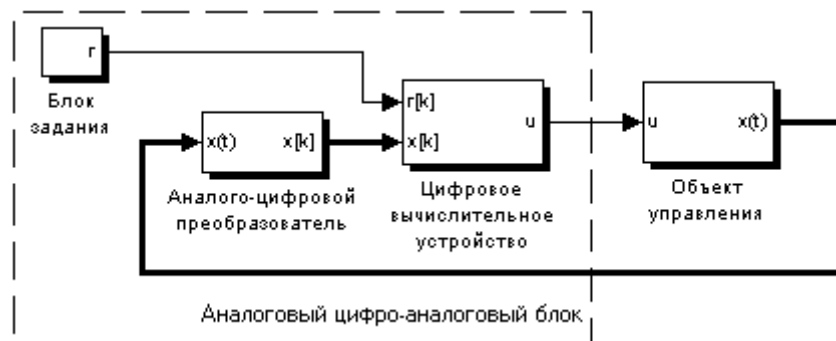


Рис. 3. Simulink-диаграмма модели системы управления (8) – (14)

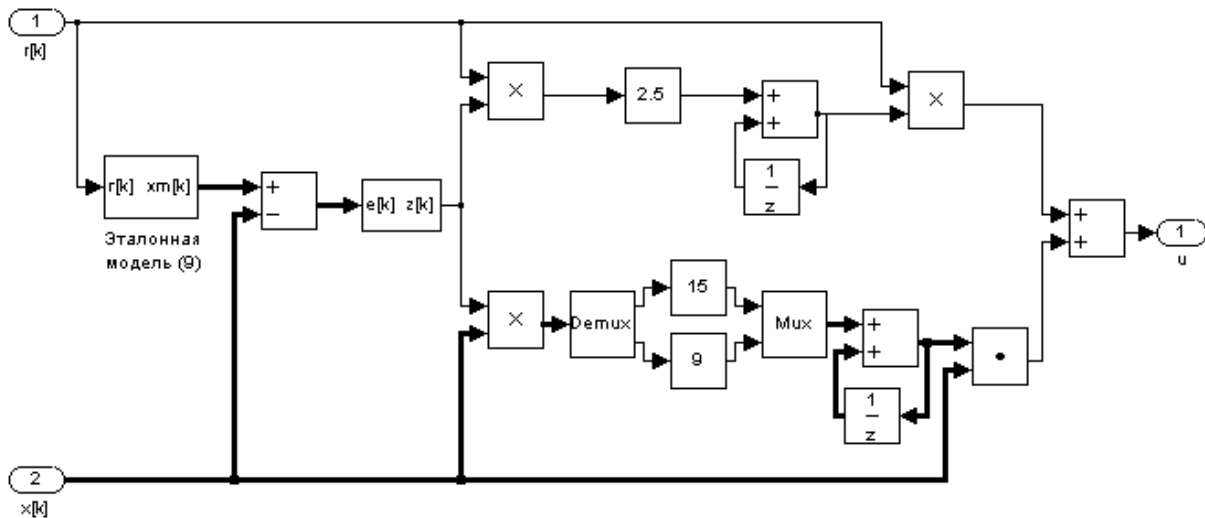


Рис. 4. Блок-диаграмма цифрового вычислительного устройства системы управления (8) – (14)

Таким образом, поскольку в системах управления с эквивалентными ОУ вида (1) и (8), АЦАБ вида (2) – (6) и (9) – (14) имеют различные структуры, но описываются идентичными уравнениями связи типа вход-выход, то ГСУ вида (1) – (7) и (9) – (14) являются технически эквивалентными.

Вычислительный эксперимент

Все вычисления проводились с использованием средства визуального моделирования SIMULINK математического пакета MATLAB [7].

На рис. 5 представлена Simulink-модель, отражающая суть эксперимента.

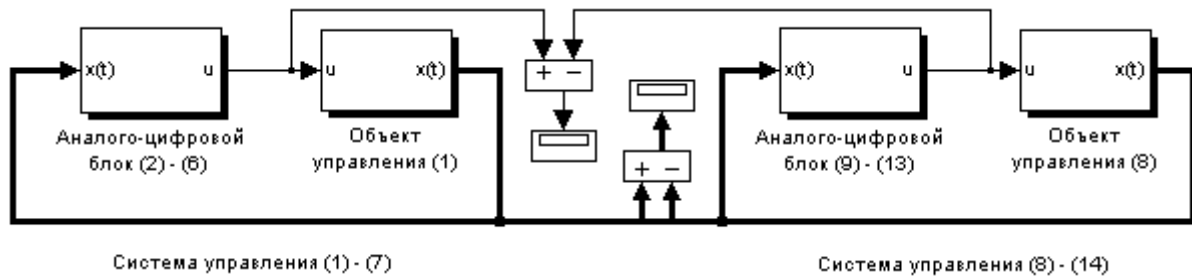


Рис. 5. Simulink-модель эксперимента

Результаты моделирования приведены на рис. 6, где левый график – рассогласование между значениями элементов вектора состояния ОУ систем (1) – (7) и (8) – (14), а правый – рассогласование между значениями управляющих воздействий в ГСУ вида (1) – (7) и (9) – (13).

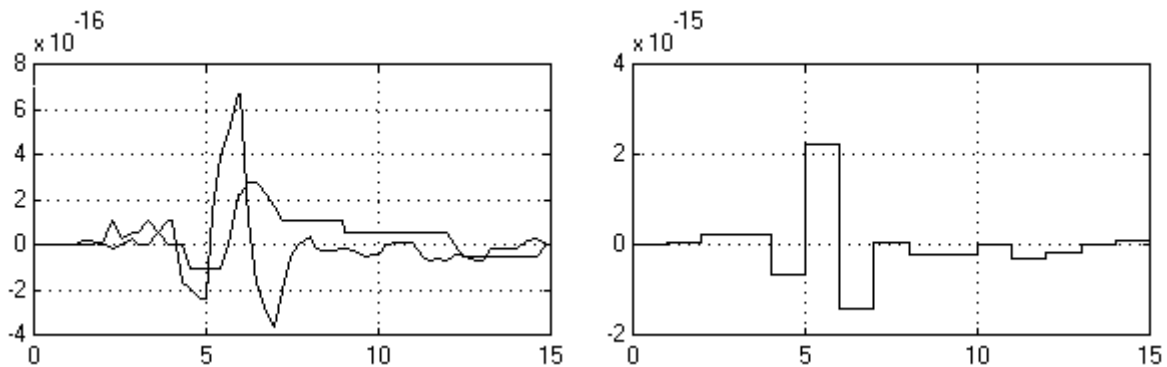


Рис. 6. Результаты эксперимента

Представленные графики были получены при следующих исходных данных:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -3 \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad A_M = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{pmatrix}, \quad b_M = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad g = \begin{pmatrix} 1,5 \\ 1 \end{pmatrix},$$

$$x(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad c_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \chi_0 = 0, \quad r_k = 0,4 \sin(kT) + 1, \quad T = 1.$$

Заключение

Анализируя полученные результаты имитационного моделирования, можно сделать вывод о целесообразности первоначального синтеза системы управления в виде ГСУ_{ТС}, с последующим ее упрощением до вида ГСУ_{ТП}.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления / Пер. с англ. М.: Машиностроение, 1986.



2. *Еремин Е.Л., Цыкунов А.М.* Синтез адаптивных систем управления на основе критерия гиперустойчивости. Бишкек: Илим, 1992.
3. *Брокетт Р.У.* Алгебры Ли и группы Ли в теории управления // Математические методы в теории систем / Под ред. Ю.Н. Журавлева. М.: Мир, 1979. С. 174 - 220.
4. *Цыкунов А.М.* Адаптивное управление объектами с последствием. М.: Наука, 1984.
5. *Landau I.D.* Adaptive control systems: the model reference approach. N.Y.: Marsel Dekker, 1979.
6. *Баркин А.И., Зеленцовский А.Л., Пакишин П.В.* Абсолютная устойчивость детерминированных и стохастических систем управления. М.: МАИ, 1992.
7. *Гультяев А.К.* MATLAB - 5.2. Имитационное моделирование в среде Windows: практическое пособие. М.: Наука, 2000.

УДК 621.315

© 2001 г. **И.Е. Еремин,**
Н.С. Костюков, д-р техн. наук
(Амурский комплексный НИИ ДВО РАН, Благовещенск)

ПОСТРОЕНИЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

Рассматриваются частотные характеристики показателя преломления материала с использованием различных моделей его диэлектрической проницаемости, эффективность которых оценивается в рамках имитационного моделирования частотных спектров в области установления упругой электронной поляризации.

Введение

При оценке влияния структуры и химического состава вещества на его поляризационные свойства важная роль отводится исследованию оптического показателя преломления – n , характеризующего, во сколько раз уменьшается скорость света в среде по отношению к его скорости в вакууме.

Для переменных полей показатель преломления принимает вид комплексной функции $n(j\omega)$ [1, 2]:

$$n(j\omega) = n(\omega) + j\chi(\omega), \quad (1)$$

где $n(\omega)$ – частотная характеристика показателя преломления света; $\chi(\omega)$ – частотная характеристика показателя поглощения световой энергии.